



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 41 33 666 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
B 60 G 17/00

②1 Aktenzeichen: P 41 33 666.6
②2 Anmeldetag: 11. 10. 91
④3 Offenlegungstag: 15. 4. 93

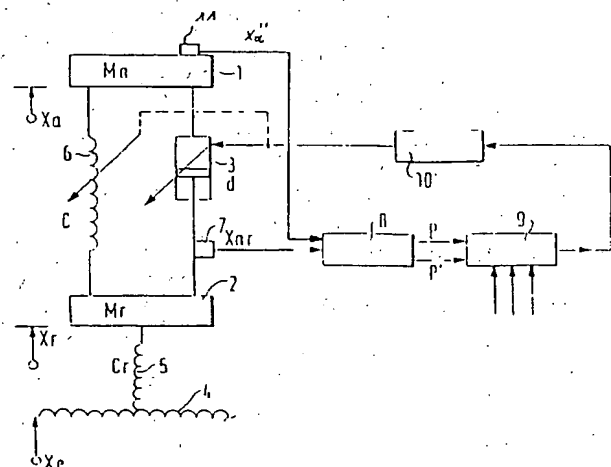
DE 41 33 666 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Neumann, Udo, Dipl.-Ing., 7250 Leonberg, DE

⑤4 System zur Erzeugung von Signalen zur Steuerung oder Regelung eines in seinen Bewegungsabläufen steuerbaren Fahrwerkes

⑤7 Durch das erfindungsgemäße System wird, ausgehend von Signalen, die die relativen Bewegungen zwischen den Radeinheiten und dem Aufbau des Fahrzeuges repräsentieren, und ausgehend von Signalen, die die Bewegung des Fahrzeugaufbaus repräsentieren, auf die aktuelle Radlastschwankung geschlossen. Weiterhin werden mögliche Änderungen der aktuellen Radlastschwankung als Funktion einer möglichen Änderung der Fahrwerkcharakteristik vorausgerechnet, woraufhin durch Abfrage gewisser Kriterien bestimmt wird, ob eine für die Fahrsicherheit kritische Situation vorliegt und ob im Falle einer für die Fahrsicherheit kritischen Situation zur Minimierung der Radlastschwankungen die Fahrwerkcharakteristik zu verstellen ist.



DE 41 33 666 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Einrichtung nach Gattung des Hauptanspruchs.

Wesentlich für die Ausgestaltung des Fahrwerkes eines Kraftfahrzeuges ist ein leistungsfähiges Federungs- und/oder Dämpfungssystem. Hierbei ist zum einen der Fahrsicherheit Rechnung zu tragen und zum anderen ist es erstrebenswert, den Insassen und einer stoßempfindlichen Zuladung des Fahrzeuges einen möglichst hohen Reisekomfort zu ermöglichen. Dies sind aus der Sicht des Federungs- und/oder Dämpfungssystems sich widerstrebbende Zielsetzungen. Ein hoher Reisekomfort ist durch eine möglichst weiche Fahrwerkeinstellung zu erreichen, während hinsichtlich einer hohen Fahrsicherheit eine möglichst harte Fahrwerkeinstellung erwünscht ist.

Um diesen Zielkonflikt zu lösen, geht man von dem bisher noch überwiegend benutzten passiven über zu regelbaren (aktiven) Fahrwerken. Ein passives Fahrwerk wird, je nach prognostiziertem Gebrauch des Fahrzeuges, beim Einbau entweder tendenziell hart ("sportlich") oder tendenziell weich ("komfortabel") ausgelegt. Eine Einflußnahme auf die Fahrwerkcharakteristik ist während des Fahrbetriebes bei diesen Systemen nicht möglich. Bei aktiven Fahrwerken hingegen kann die Charakteristik des Federungs- und/oder Dämpfungssystems während des Fahrbetriebes je nach Fahrzustand beeinflußt werden.

In der DE-OS 38 27 737 wird der oben genannte Zielkonflikt zwischen Fahrsicherheit und Fahrkomfort dadurch gelöst, daß ein aktives oder schaltbares Fahrwerk bei sich ändernden Betriebsbedingungen, zum Beispiel sich ändernde Fahrbahnbeschaffenheit, unter Veränderung des Fahrkomforts so angesteuert wird, daß die Fahrsicherheit stets gewährleistet ist. Als Bewertungskriterium für die Fahrsicherheit wird der Effektivwert der Radlastschwankungen während des Fahrbetriebes herangezogen. Unter der Radlastschwankung versteht man die Abweichung der Radlast (Normalkraft zwischen Reifen und Fahrbahn) von ihrem statischen Wert. Die Radlastschwankung (wie auch die Radlast selbst) ist aber einer direkten Messung nur sehr schwer zugänglich, da Meßwertaufnehmer zwischen dem Rad bzw. dem Reifen und der Fahrbahn angebracht werden müßten. Die Messung des Federweges ist dagegen relativ einfach und kostengünstig zu realisieren. Als Federweg bezeichnet man die Relativverschiebung des Fahrzeugaufbaus relativ zum Rad. In der DE-OS 38 27 737 wird der Federweg als Ersatzgröße für die Radlastschwankung gemessen. Aus diesen Meßwerten werden der gleitende Effektivwert und der gleitende Mittelwert für die Ersatzgröße sowie deren Differenz gebildet. Nachdem diese Differenz mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen worden ist, wird bei Überschreitung des Sollwertes ein elektrisches Anzeige- und/oder Steuersignal zur Steuerung/Regelung des Fahrwerkes abgegeben.

In der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen P 41 07 090.9 wird, ausgehend von Signalen, die die relativen Bewegungen zwischen den Radeinheiten und dem Aufbau des Fahrzeuges repräsentieren, auf die aktuelle Radlastschwankung geschlossen. Weiterhin werden mögliche Änderungen der aktuellen Radlastschwankung als Funktion einer möglichen Änderungen der Fahrwerkcharakteristik vorausberechnet, woraufhin durch Abfrage gewisser Kriterien bestimmt wird, ob eine für die Fahrsicherheit kritische Situation vorliegt und ob im Falle einer für die Fahrsicherheit kritischen Situation zur Minimierung der Radlastschwankungen die Fahrwerkcharakteristik zu verstellen ist.

Aufgabe des vorliegenden erfindungsgemäßen Systems ist es, die Ermittlung der aktuellen Radlastschwankung und damit beispielsweise ein System, wie es in der DE- Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen P 41 07 090.9 vorgestellt wird, zu vereinfachen.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Vorteil der Erfindung

Durch das erfindungsgemäße System wird, ausgehend von Signalen, die die relativen Bewegungen zwischen den Radeinheiten und dem Aufbau des Fahrzeuges repräsentieren, und Signalen, die die Bewegungen des Fahrzeugaufbaus repräsentieren, auf die Radlastschwankungen geschlossen.

Weiterhin werden, wie in der DE- Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) beschrieben, mögliche Änderungen der Radlastschwankungen als Funktion einer möglichen Änderung der Fahrwerkcharakteristik vorausberechnet. Durch Abfragen gewisser Kriterien, insbesondere durch Verknüpfungen der erfindungsgemäß bestimmten Radlastschwankungen mit den vorausberechneten möglichen Änderungen der Radlastschwankungen, wird, ähnlich wie in der DE- Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9), bestimmt, ob eine für die Fahrsicherheit kritische Situation vorliegt und ob im Falle einer für die Fahrsicherheit kritischen Situation zur Minimierung der Radlastschwankungen die Fahrwerkcharakteristik zu verstellen ist.

Bei dem erfindungsgemäßen System wird also nicht nur eine Ersatzgröße für die Radlastschwankung bestimmt, sondern in einfacher Weise die Radlastschwankung selbst bestimmt.

Im Gegensatz zum Gegenstand der DE- Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) ist das erfindungsgemäße System immer dann hinsichtlich des Bestimmungsaufwandes von Vorteil, wenn beispielsweise bei einem Fahrwerkregelungssystem Aufbaubeschleunigungssensoren vorgesehen sind. Durch die erfindungsgemäße Verwendung der Signale der Aufbaubeschleunigungssensoren wird die Bestimmung der aktuellen Radlastschwankungen wesentlich vereinfacht. Dies hat die Vereinfachung eines Gesamtsystems, wie es in der DE-Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) vorgestellt wird, zur Folge.

Neben der Verwendung von Beschleunigungsmeßwertaufnehmern zur Messung der Vertikalbeschleunigung, die an jedem Radaufstandspunkt des Fahrzeugaufbaus angebracht sein, kann die Verwendung von wenigstens drei Meßwertaufnehmern vorgesehen sein, die die Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugaufbaus an wenigstens

drei Stellen des Fahrzeugaufbaus erfassen, wobei diese drei Stellen nicht auf einer Geraden liegen.

Wird als vorteilhafte Ausgestaltung die erfindungsgemäß bestimmte aktuelle Radlastschwankungen mit den Änderungen der Radlastschwankungen infolge einer Modifikation der Fahrwerkabstimmung logisch verknüpft, so gelangt man zu einer differenzierteren Entscheidung, ob eine Änderung der Fahrwerkcharakteristik dem Ziel der Optimierung der Fahrsicherheit bei gleichzeitigem bestmöglichem Komfort gerecht wird. Hierbei wird der Fahrsicherheit eine höhere Priorität eingeräumt wird als dem Fahrkomfort. Durch die differenziertere Entscheidung bezüglich der Modifikation der Fahrwerkabstimmung werden weitaus weniger Schaltimpulse dem regelbaren Federungs- und/oder Dämpfungssystem zugeführt. Dies erhöht zum einen die Lebensdauer des Systems und verbessert zum anderen die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort, da nur dann eine andere Charakteristik eingestellt wird, wenn dies zur Erhöhung der Fahrsicherheit beiträgt bzw. unbedingt nötig ist.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In diesem Ausführungsbeispiel soll anhand eines Blockschaltbildes die erfindungsgemäße Einrichtung für ein Federungs- und/oder Dämpfungssystem aufgezeigt werden.

Fig. 1 zeigt in dem Ausführungsbeispiel das Steuerungs/Regelungs-System für eine Radeinheit. Mit Position 1 ist der Fahrzeugaufbau mit der anteiligen Masse M_a bezeichnet. Position 2 stellt das Rad mit der anteiligen Radmasse M_r und Position 5 eine Feder mit der Federkonstanten C_r dar. Die Fahrbahn ist mit Position 4 bezeichnet. Ein Dämpfer 3 mit der Dämpfungskonstanten d stellt mit einer parallel angeordneten Feder 6 (Federkonstante C) das zu steuernde/regelnde Fahrwerk dar. Der Dämpfer 3 und/oder die Feder 6 sind regelbar ausgelegt. Als Position 7 ist ein Meßwertnehmer für die Einfederbewegungen und als Position 11 ein Meßwertnehmer für die Aufbaubewegung bezeichnet. Position 8 stellt Mittel zur Werteermittlung dar. Position 9 steht für Mittel zur Bewertung der Werte und als Position 10 ist eine Endstufe bezeichnet. Den Mitteln 9 zur Bewertung der Werte werden Größen P_{gr} , k , V , A_l , A_q , T , N_1 , N_2 , Tr zugeführt.

Die Positionen 1, 2, 3, 4, 5 und 6 in der Fig. 1 zeigen ein Zwei-Körper-Modell für eine Radeinheit. Das Rad ist in Kontakt mit der Fahrbahn 4. Hierbei ist die Reifensteifigkeit als Feder 5 mit der Federkonstanten C_r modellhaft beschrieben. In diesem Ausführungsbeispiel wird der Dämpfer 3 als regelbar angenommen, während die Eigenschaften der Feder 6 durch einen konstanten Wert C beschrieben wird. Daß auch die Feder 6 regelbar ausgelegt sein kann, wird in Fig. 1 durch die gestrichelte Linie angedeutet. Die Kombination der Feder 6 und des bezüglich seiner Dämpfungseigenschaft regelbaren Dämpfers 3 steht also hier für das zu steuernde/regelnde Federungs- und/oder Dämpfungssystem einer Radeinheit. Mit X_a bzw. X_r ist die Verschiebung des Fahrzeugaufbaus bzw. die Verschiebung des Rades bezeichnet, und zwar die Verschiebung aus der Gleichgewichtslage bei Stillstand des Fahrzeuges (im unbeladenen Zustand). Mit X_e werden die Bodenunebenheiten beschrieben. Der Meßwertnehmer 7 detektiert die Einfederbewegungen der Radeinheit, während der Meßwertnehmer 11 die Bewegungen des Aufbaus 1, insbesondere die vertikale absolute Aufbaubeschleunigung X_a' am Radaufstandspunkt des Aufbaus, erfaßt. In diesem Ausführungsbeispiel wird als Meßgröße für die Einfederbewegungen der Federweg $X_a - X_r$ angenommen, allerdings könnte ebenso die Relativgeschwindigkeit $X_a' - X_r'$ oder die Relativbeschleunigung $X_a'' - X_r''$ gemessen werden beziehungsweise durch Differentiation und/oder Tiefpaßfilterung ermittelt werden. Hierbei bedeuten die Striche neben den Symbolen Zeitableitungen. Die ersten Signale der Einfederbewegungen und die zweiten Signale der Aufbaubewegungen werden Mitteln 8 zur Werteermittlung zugeführt. Als Ausgangssignale liegen an der mit Position 8 bezeichneten Einheit die Radlastschwankung P und deren Empfindlichkeit P' an. Diese Größen werden in der Beschreibung der Fig. 2 weiter unten genauer erläutert. In den Mitteln 9 zur Bewertung der Werte werden die Größen P und P' verknüpft und untereinander und/oder mit einzulesenden Größen verglichen und die Ergebnisse der Vergleiche Zähleinheiten zugeführt. Den Mitteln 9 zur Bewertung der Werte werden des weiteren Fahrwerkabstimmungsparameter wie P_{gr} , k , Fahrzustandsgrößen wie Fahrgeschwindigkeit V , Fahrzeuglängs- und Querbeschleunigung A_l und A_q , Umgebungstemperatur T , Zählerabstimmungsparameter wie Sollwerte N_1 und N_2 , "Reset"-Zeit Tr , ... zugeführt. Als Ausgangssignal der Einheit 9 wird ein Steuersignal der Endstufe 10 zugeleitet, wo die Umschaltung der Federungs- und/oder Dämpfungscharakteristik des zu steuernden/regelnden Federungs- und/oder Dämpfungssystems durch eine entsprechende Stellgliedansteuerung veranlaßt wird.

In den Fig. 2 und 3 soll die Arbeitsweise der Mittel 8 zur Werteermittlung und der Mittel 9 zur Bewertung der Werte näher aufgezeigt werden. Insbesondere der Ausgestaltung der im folgenden beschriebenen Mittel 211 und 311 ist ein wesentlicher Unterschied zur DE- Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) zu entnehmen, während die Funktionsweise der übrigen Elemente weitgehend der entspricht, die in der DE- Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) beschrieben ist. Mit den Positionen 211, 311, 212 und 312 sind elektronische Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten bezeichnet. Multipliziereinheiten sind mit den Positionen 214, 314, 215 und 315 markiert, während Eingabeeinheiten für einzulesende Parameter mit den Positionen 213 und 313 bezeichnet sind. Diskriminatoren beschreiben die Positionen 216, 316, 217, 317, 218 und 318. Mit 219, 319, 220 und 320 sind Mittel zur Bereitstellung von Zählsignalen ausgewiesen. Die Positionen 221, 321, 222 und 322 stellen Zähleinheiten dar, während mit den Positionen 223 und 323 Addiereinheiten und mit den Positionen 224, 324, 225 und 325 Diskriminatoren bezeichnet werden. Die Ausgabereinheiten 226, 326, 227 und 327 erzeugen Steuersignale, die an die Endstufe 10 (Fig. 1) weitergeleitet werden. Die Positionen 228 und 328 stellen eine Einheit zur Bestimmung des nächsten Berechnungszyklusses dar.

Im Rahmen der Beschreibung der Fig. 2 und 3 soll nun auf die Einheiten 8 und 9 der Fig. 1 und auf den physikalischen Hintergrund der erfindungsgemäßen Einrichtung eingegangen werden. Als Radlastschwankung P bezeichnet man die Abweichung der Radlast (Normalkraft zwischen Reifen und Fahrbahn) von ihrem statischen Wert. Während diese und etwa auch die Reifeneinfederweg, die unmittelbar mit der Radlastschwankung zusammenhängt, einer Messung nur sehr schwer zugänglich ist, kann beispielsweise der Einfederweg $X_a - X_r$ oder die Einfedergeschwindigkeit $(X_a - X_r)'$ mit relativ einfach und somit preiswert zu realisierenden Meßwertaufnehmern detektiert werden. Bei Fahrzeugen mit einer Niveauregulierung kann gegebenenfalls ein schon vorhandener Meßwertaufnehmer zur Federweg- bzw. Federgeschwindigkeitsbestimmung benutzt werden. Anhand des oben angesprochenen Zwei-Körper-Modells kann man ableiten, daß die gesuchte Größe P mit der Einfederbeschleunigung in folgendem Zusammenhang steht:

$$P = [(M_a + M_r) \cdot X_a'''] - [M_r \cdot X_r'''], \quad (1)$$

wobei mit X_r''' die Einfederbeschleunigung bezeichnet ist.

Weiterhin gelangt man, wie in der DE- Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) beschrieben, durch das oben erwähnte Zwei-Körper-Modell zu der Beziehung

$$P' = \partial P / \partial d = -[(M_a \cdot C_r \cdot s^3) / D(s)] \cdot X_{ar}, \quad (4)$$

zwischen der Empfindlichkeit P' (bezüglich der Dämpfungskonstanten d) und dem "entmittelten" Einfederweg X_{ar} mit der Abkürzung

$$D(s) = C \cdot C_r + C_r \cdot d \cdot s + (C \cdot M_r + (C + C_r) \cdot M_a) \cdot s^2 + (M_a + M_r) \cdot d \cdot s^3 + M_a \cdot M_r \cdot s^4 \quad (5)$$

wobei s die Laplace-Variable ist. Mit X_{ar} ist der sogenannte "entmittelte" Federweg bezeichnet, der aus der Meßgröße $X_a - X_r$ durch Subtraktion ihres laufenden Mittelwertes

$$1/T_m \cdot \int_{t-T_m}^t [X_a(r) - X_r(r)] dr \quad (2)$$

zu

$$X_{ar}(t) = \{X_a(t) - X_r(t)\} - \left\{ 1/T_m \cdot \int_{t-T_m}^t [X_a(r) - X_r(r)] dr \right\} \quad (3)$$

entsteht. Hierbei ist T_m ein Abstimmungsparameter und t der aktuelle Zeitpunkt. Durch diese "Entmittelung" des Federweges $X_a - X_r$ wird sowohl der Einfluß einer Beladung des Fahrzeuges, das heißt eine Änderung des statischen Federweges, als auch der Einfluß unsymmetrischer (bezüglich Druck- und Zugbereich) Feder- und/oder Dämpferkennlinien (Änderung des mittleren dynamischen Federweges) auf die Berechnung der Radlastschwankung eliminiert.

Dieser Wert P' ist ein Maß für die Änderung der Radlastschwankung P, wenn die Dämpfungskonstante d des zu steuernden/regelnden Dämpfungssystems modifiziert wird. Insbesondere gibt das Vorzeichen von P' eine Information, ob die Radlastschwankung P bei einer Änderung der Dämpfungskonstanten d des zu steuernden/regelnden Dämpfungssystems vergrößert oder verkleinert wird. Da die Optimierung der Fahrsicherheit mit der Minimalisierung der Größe |P| einhergeht, ist die Aussage (4) über die Empfindlichkeit P' der Größe P ein wichtiges Entscheidungskriterium bezüglich einer Steuerung/Regelung eines Dämpfungssystems. Im allgemeinen Fall ist die Empfindlichkeit P' definiert als die Ableitung der Radlastschwankung P nach einem "charakteristischen" Fahrwerkparameter. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Parameterwerte unterschiedliche Fahrwerkabstimmungen beschreiben. Bei einem zu steuernden/regelnden Federungssystem könnte dieser Parameter beispielsweise die physikalische Bedeutung einer Federsteifigkeit besitzen. In diesem Falle ist die Empfindlichkeit P' (bezüglich der Federsteifigkeit C)

$$P' = \partial P / \partial C = -[(M_a \cdot C_r \cdot s^2) / D(s)] \cdot X_{ar}, \quad (6)$$

wobei D(s) auch hier durch die Gleichung (5) gegeben ist.

Die Werte der Modellparameter (M_a , M_r , C, C_r und d) sind entweder bekannt oder können für ein bestimmtes Fahrzeug, dessen Fahrwerk zu steuern/regeln ist, beispielsweise durch Parameteridentifikationsverfahren ermittelt werden.

Am Eingang der Mittel 8 zur Wertebestimmung bzw. der elektronischen Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten 212 und 312 liegen die Signale des "entmittelten" Federweges X_{ar} an. Die Berechnung des laufenden Mittelwertes gemäß der Gleichung (2) sowie seine Subtraktion von der Meßgröße $X_a - X_r$ nach Gleichung (3) kann beispielsweise in der Auswerteelektronik des Meßwertaufnehmers 7 erfolgen. Weiterhin liegen am Eingang der Mittel 8 zur Wertebestimmung bzw. der elektronischen Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten 211 und 311 die Signale X_a des Meßwertaufnehmers 11 an.

In den Einheiten 211 und 311 weisen das anhand der Gleichung (1) dargestellte Übertragungsverhalten auf. Das in der Gleichung (1) verwendete Signal X_{ar}'' , das die Einfederbeschleunigung repräsentiert, kann dabei

durch Differentiation und ggf. durch Tiefpaßfilterung zumindest näherungsweise aus dem Signal eines geeignet angebrachten Einfederweg- oder Einfedergeschwindigkeitsmeßwertaufnehmers 7 ermittelt werden. Das in der Gleichung (1) verwendete Signal Xa'' , das die Vertikalbeschleunigung des Aufbaus an dem Radaufstandspunkt repräsentiert, wird durch einen entsprechend angebrachten Meßwertaufnehmer 11 ermittelt. Sofern ein solcher Meßwertaufnehmer nicht vorliegt, aber beispielsweise mindestens drei Vertikalbeschleunigungssensoren (Ausgangssignale $Xa1''$, $Xa2''$, $Xa3''$) an unterschiedlichen, nicht auf einer Geraden liegenden Stellen des Fahrzeugaufbaus befestigt sind, so läßt sich die für die Gleichung (1) erforderlichen Aufbaubeschleunigungen als gewichtete Linearkombinationen gemäß

$$Xa'' = b1 \cdot Xa1'' + b2 \cdot Xa2'' + b3 \cdot Xa3''$$

ermitteln. Die Koeffizienten $b1$, $b2$ und $b3$ ergeben sich auf einfache Weise aus der Lage der Beschleunigungssensoren und der Radaufstandspunkte.

Die Einheiten 211, 212, 311 und 312 können elektronisch digital, z. B. durch Verarbeitung einer die Übertragungseigenschaften (Gleichung 1, 4 bzw. 6) repräsentierenden Differenzengleichung in Rechneinheiten, oder elektronisch analog, z. B. durch Nachbildung einer die Übertragungseigenschaften (Gleichung 1, 4 bzw. 6) repräsentierenden Differentialgleichung mit elektronischen Bauelementen realisiert sein.

Verwendet man anstelle eines Federwegsensors einen Meßaufnehmer, der die Relativgeschwindigkeit $Xa' - Xr'$ beziehungsweise die Relativbeschleunigung $Xa'' - Xr''$ erfaßt, so sind in den Formeln (4) und (6) auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens die Ausdrücke in den eckigen Klammern durch die Laplace-Variable s (im Falle der Erfassung der Relativgeschwindigkeit $Xa' - Xr'$) und s^2 (im Falle der Erfassung der Relativbeschleunigung $Xa'' - Xr''$) zu dividieren. Die "Entmittelung" der Meßgrößen $Xa' - Xr'$ beziehungsweise $Xa'' - Xr''$ kann dann analog zur Gleichung (3) geschehen, wobei Xar zu Xar' beziehungsweise Xar'' und die Meßgröße $Xa - Xr$ zu $Xa' - Xr'$ beziehungsweise $Xa'' - Xr''$ wird.

Am Ausgang der elektronischen Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten 211, 212, 311 und 312 liegen somit die Signale der Radlastschwankung P und deren Empfindlichkeit P' an.

Zur genaueren Beschreibung der Mittel 9 zur Bewertung der Werte wird im folgenden zunächst auf ein in der DE-Patentanmeldung (AZ P 41 07 090.9) beschriebenes mögliches Regelgesetz zur Steuerung/Regelung des Federungs- und/oder Dämpfungssystems eingegangen.

Eine Änderung der Fahrwerkscharakteristik zur Minimierung der Radlastschwankungen ist überhaupt nur dann sinnvoll, wenn eine sicherheitskritische Fahrsituation vorliegt. Diese kann etwa dadurch detektiert werden, daß die Radlastschwankung dem Betrage nach einen Schwellwert P_{gr} überschreitet, daß also die Bedingung

$$|P| > P_{gr} \quad (7)$$

erfüllt ist. Ist die Bedingung verletzt, das heißt, daß keine sicherheitskritische Situation vorliegt, kann die Fahrwerkscharakteristik unverändert bleiben, beispielsweise in der Abstimmung "weich" oder "hart". Im Falle der Verletzung der Bedingung (7) könnte aber auch die aktuell vorliegende Fahrwerkscharakteristik im Hinblick auf andere Regelziele, etwa im Sinne der Maximierung des Fahrkomforts, verändert werden.

Während einer sicherheitskritischen Fahrsituation (Bedingung (7) ist erfüllt) empfiehlt sich eine Modifikation der Fahrwerksabstimmung insbesondere dann, wenn die Bedingung

$$|P'| > k \cdot |P| \quad (8)$$

erfüllt ist. Darüber hinaus ist eine Modifikation der Fahrwerkscharakteristik in Richtung "hart" dann zweckmäßig, wenn zusätzlich die Bedingung

$$P \cdot P' < 0 \quad (9a)$$

erfüllt ist. Gilt dagegen

$$P \cdot P' > 0, \quad (9b)$$

so ist eine Modifikation in Richtung "weich" sinnvoll.

Die Größen P_{gr} und k sind als Fahrwerkabstimmungsparameter zu betrachten und werden den Eingabeeinheiten 213 und 313 zugeführt. Die Fahrwerkabstimmungsparameter können entweder für das zu steuernde/regelnde Fahrwerk konstante Werte einnehmen oder sind abhängig von den Fahrzustand beeinflussenden Größen wie beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit V , die Fahrzeuglängs- und/oder Fahrzeugquerbeschleunigung A_l bzw. A_q und/oder die Umgebungstemperatur T .

Die Bedeutung der oben aufgeführten drei Ungleichungen (7), (8) und (9a, b) kann anschaulich beschrieben werden. Sind die angegebenen Bedingungen erfüllt, so hat dies folgende Bedeutung:

Bedingung (7):

Verstellen der Feder- und/oder Dämpfungscharakteristik, wenn die Radlastschwankung eine gewisse Größe P_{gr} übersteigt. Das heißt, daß sich das Fahrzeug in einer kritischen Fahrsituation befindet.

Bedingung (9a,b):

Verstellen der Feder- und/oder Dämpfungscharakteristik nur dann, wenn diese Veränderung eine Verringerung der momentanen Radlastschwankung P bewirkt. Ist beispielsweise P positiv (und nach Bedingung (7) größer als P_{gr}) und ist etwa die momentan eingestellte Charakteristik "weich", so wird sie nur dann in Richtung "hart" verstellt, wenn die Empfindlichkeit P' negativ ist, das heißt, daß bei einer Vergrößerung des charakteristischen

Parameters, beispielsweise der Dämpfungskonstanten (härtere Abstimmung) die Radlastschwankung P verkleinert wird. Falls zu dem betrachteten Zeitpunkt (momentan eingestellte Charakteristik "weich") die Empfindlichkeit P positiv ist, so hätte eine Veränderung der Abstimmung in Richtung "hart" ein Anwachsen der Radlastschwankung P zur Folge.

5 Bedingung (8):

Verstellen der Feder- und/oder Dämpfungscharakteristik nur dann, wenn sich dies im Hinblick auf eine Verbesserung der Fahrsicherheit "lohnt". Das heißt, daß die durch die Modifikation erreichte Änderung der Radlastschwankung bezüglich der momentanen Radlastschwankung einen durch den Wert k bestimmbaren Wert erreichen muß.

10 Anhand der Fig. 2 und 3 soll die Funktionsweise der Einheiten 8 und 9 der Fig. 1 näher erläutert werden. Hierbei ist in der Fig. 2 der Fall dargestellt, in dem als momentan vorliegende Fahrwerkeinstellung die Einstellung "weich" gewählt ist. Die Fig. 3 zeigt den Fall, in dem als momentan vorliegende Fahrwerkeinstellung die Einstellung "hart" gewählt ist. Im folgenden werden die Fig. 2 und 3 gemeinsam beschrieben.

15 Durch die Eingabeeinheit 213 und 313 werden Parameter eingegeben wie Fahrwerkabstimmungsparameter P_{gr} und k , die Fahrgeschwindigkeit v , die Fahrzeuglängs- und Querbeschleunigung A_l und A_g , die Umgebungstemperatur T , Anzahlsollwerte N_1 und N_2 und die "Reset"-Zeit T_r .

Die für das Regelgesetz benötigten Größen $P \cdot P'$ und $k \cdot |P|$ werden in den Multipliziereinheiten 214, 314, 215 und 315 gebildet.

Die Diskriminatoreinheiten 216, 316, 217, 317, 218 und 318 haben die folgende Funktionsweise:

20 Die Diskriminatoreinheiten 216 und 316 vergleichen die Größe $|P|$ mit der Größe P_{gr} und erzeugen ein "Y"-Signal, falls $|P|$ größer als die Größe P_{gr} , und ein Signal "N", falls $|P|$ kleiner als die Größe P_{gr} ist.

Die Diskriminatoreinheiten 217 und 317 vergleichen die Größe $P \cdot P'$ mit der Größe 0. Die Einheit 217 erzeugt ein "Y"-Signal, falls $P \cdot P'$ kleiner als die Größe 0, und ein "N"-Signal, falls $P \cdot P'$ größer als die Größe 0 ist. Die Einheit 317 erzeugt ein "N"-Signal, falls $P \cdot P'$ kleiner als die Größe 0, und ein "Y"-Signal, falls $P \cdot P'$ größer als die Größe 0 ist.

25 Die Diskriminatoreinheiten 218 und 318 vergleichen den Betrag der Größe P' mit der Größe $k \cdot |P|$. Die Einheiten 218 und 318 erzeugen ein "Y"-Signal, falls $|P'|$ größer als die Größe $k|P|$, und ein Signal "N", falls $|P'|$ kleiner als die Größe $k|P|$ ist.

Besitzen die Ausgangssignale der Diskriminatoren 216, 217 und 218 (Fig. 2) bzw. 316, 317 und 318 (Fig. 3) gleichzeitig den Wert Y, so wird ein Signal der Einheit 219 (Fig. 2) bzw. 319 (Fig. 3) zur Bereitstellung eines Zählsignals zugeführt, an dessen Ausgang dann das Signal Z1 in der Zählseinheiten 221 (Fig. 2) bzw. 321 (Fig. 3) gezählt wird. Liegt an wenigstens einem der Diskriminatoren 216, 217 und 218 (Fig. 2) bzw. 316, 317 und 318 (Fig. 3) als Ausgangssignal der Wert N an, so wird ein Signal der Einheit 220 (Fig. 2) bzw. 320 (Fig. 3) zur Bereitstellung eines Zählsignals zugeführt, an dessen Ausgang dann das Signal Z2 in der Zählseinheit 222 (Fig. 2) bzw. 322 (Fig. 3) gezählt wird.

30 Die Zählerstände $Z1_{ges}$ und $Z2_{ges}$ der Zählseinheiten 221 und 222 (Fig. 2) bzw. 321 und 322 (Fig. 3) werden als Ausgangssignale den Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) und 324 und 325 (Fig. 3) zugeführt. Hier werden die Zählerstände mit Sollwerten N_1 und N_2 verglichen. Insbesondere werden die Zählerstände $Z1_{ges}$ und $Z2_{ges}$ mit der Summe $Z1_{ges} + Z2_{ges}$ als Sollwert verglichen, die durch die Addiereinheit 223 (Fig. 2) bzw. 323 (Fig. 3) gebildet und den Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) zugeführt wird. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Zählerstände $Z1_{ges}$ und $Z2_{ges}$ miteinander als Sollwerte in den Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) zu vergleichen. Darüber hinaus können die Zählerstände mit Sollgrößen verglichen werden, die in der Abhängigkeit von den Fahrzustand beeinflussenden Größen wie beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit v , Fahrzeuglängs- und -querbeschleunigung A_l , A_g und/oder die Umgebungstemperatur T ermittelt werden, die in die Eingabeeinheit 213 bzw. 313 eingegeben werden. Die Zurücksetzung der Zählerstände geschieht durch die Eingabe von Reset-Signalen in die Zählseinheiten 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3). Die Reset-Signale werden zum Beispiel nach jedem Umschaltvorgang der Dämpfungs- und/oder Federungscharakteristik und/oder in gewissen Zeitabständen T_r und/oder abhängig von den Zählerständen und/oder von den Fahrzustand beeinflussenden Größen den Zählseinheiten 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) zugeführt.

50 Überschreiten die Zählerstände $Z1_{ges}$ bzw. $Z2_{ges}$ die ermittelten und/oder vorgegebenen Sollwerte N_1 und N_2 , so liegen ausgangsseitig der Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) die Signale Y, Unterschreiten die Zählerstände $Z1_{ges}$ bzw. $Z2_{ges}$ die ermittelten und/oder vorgegebenen Sollwerte, so liegen ausgangsseitig der Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) die Signale N.

55 Eine relativ einfach zu realisierende Möglichkeit der Funktionsweise der Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) ist der Vergleich der Zählerstände $Z1_{ges}$ und $Z2_{ges}$ mit Anzahlsollwerten N_1 und N_2 pro Summe $Z1_{ges} + Z2_{ges}$. Durch die Funktionsweise der Einrichtungen 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) wird vermieden, daß bei Fahrsituationen, bei denen die Radlastschwankung nur kurzzeitig erhöht wird ohne die Fahrsicherheit zu gefährden (z. B. Überfahren eines Kanaldeckels), eine Umschaltung auf eine andere Dämpfungs- und/oder Federungscharakteristik erfolgt. Hierdurch wird zum einen der Fahrkomfort erhöht ohne die Fahrsicherheit zu beeinträchtigen und zum anderen die Lebensdauer des regelbaren Federungs- und/oder Dämpfungssystems verlängert, da hier zwangsläufig mechanische, und somit verschleißanfällige Stellglieder Anwendung finden. Bei dieser Realisation der erfindungsgemäßen Einrichtung ist lediglich ein einziger Sensor nötig.

65 Die Ausgangssignale Y der Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) werden den Ausgabeeinheiten 226 und 227 (Fig. 2) bzw. 326 und 327 (Fig. 3) zugeführt, wo Steuersignale erzeugt werden, die an die Endstufe 10 (Fig. 1) weitergeleitet werden. Liegt eingangsseitig an der Ausgabeeinheit 226 bzw. 327 ein Signal Y, so wird ein Steuersignal zur Umschaltung auf eine härtere Dämpfungs- und/oder Federungscharakteristik

ristik an die Endstufe 10 geleitet. Liegt eingangsseitig an der Ausgabereinheit 227 bzw. 326 ein Signal Y, so wird ein Steuersignal zur Umschaltung auf eine weichere Dämpfungs- und/ oder Federungscharakteristik an die Endstufe 10 geleitet.

Darüber hinaus geben die Ausgabereinheiten 226 und 227 (Fig. 2) bzw. 326 und 327 (Fig. 3) ein Ansteuersignal an die Einheit 228 bzw. 328 zur Bestimmung des nächsten Berechnungszyklusses. Die ausgangssseitig der Diskriminatoren 224 und 225 (Fig. 2) bzw. 324 und 325 (Fig. 3) anliegenden N-Signale werden ebenso den Einheiten 228 (Fig. 2) bzw. 328 (Fig. 3) zur Bestimmung des nächsten Berechnungszyklusses zugeführt.

Hier wird die nächste Erfassung des "entmittelten" Federweges Xar in den elektronischen Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten 211 und 212 bzw. 311 und 312 bestimmt. Dies geschieht in Abhängigkeit von der Zeit und/oder von den Fahrzustand beeinflussenden Größen wie beispielsweise Fahrgeschwindigkeit V, Fahrzeuglängs- Al und/oder Fahrzeugquerbeschleunigung Aq und/oder Umgebungstemperatur T. Auf diese Weise werden Zeitintervalle gebildet, an deren Anfang jeweils der erfindungsgemäße Steuerungs/Regelungszyklus durchlaufen wird. Dies kann beispielsweise so gestaltet sein, daß bei langsamer Fahrgeschwindigkeit (z. B. beim Einparkvorgang) der Zyklus in größeren Abständen durchlaufen wird als bei hohen Geschwindigkeiten.

Eine besonders einfache Auslegung der erfindungsgemäßen Einrichtung kann dadurch erzielt werden, daß unter Umgehung der Einheit 228 bzw. 328 zur Bestimmung des nächsten Berechnungszyklusses immer dann ein neuer Regelungszyklus gestartet wird, sobald der vorhergehende beendet worden ist. In diesem Falle wird der in Fig. 2 bzw. Fig. 3 aufgezeigte Berechnungszyklus stetig durchlaufen, das heißt die Intervalllängen sind nur von der Berechnungszeit abhängig.

Die beispielhaft an dem Federungs- und/oder Dämpfungssystem einer Radeinheit aufgezeigte erfindungsgemäße Einrichtung wird vorzugsweise für jede Radeinheit des zu steuernden/regelnden Fahrwerkes eingerichtet. Die Umschaltungen zwischen den Dämpfungs- und/oder Federungscharakteristika erfolgen vorzugsweise für die Radeinheiten des zu steuernden/regelnden Fahrwerkes unabhängig voneinander.

Darüber hinaus besteht eine weitere besonders, einfach zu realisierende Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung darin, daß das zu steuernde/regelnde Federungs- und/oder Dämpfungssystem nur zwei Abstimmungsstufen aufweist, die sich durch unterschiedliche Werte des charakteristischen Parameters unterscheiden. Werden in diesem Falle die mit den Positionen 219 bis 225 (Fig. 2) bzw. 319 bis 325 (Fig. 3) (einschließlich) bezeichneten Einheiten und Diskriminatoren umgangen (gestrichelte Linie in Fig. 2 und 3), so wird, wenn mindestens eine der drei in den Schritten 216, 217 und 218 (Fig. 2) bzw. 316, 317 und 318 (Fig. 3) abgefragten Bedingungen nicht erfüllt ist (Signal N am Eingang von Pos. 220 bzw. 320), ein Schaltsignal der Einheit 227 bzw. 327 zugeführt wird infolgedessen dann eine Umschaltung zu der weicheren (Fig. 2) bzw. härteren (Fig. 3) Dämpfungs- und/oder Federungscharakteristik erfolgt. Eine Umschaltung zu der härteren (Fig. 2) bzw. weicheren (Fig. 3) Dämpfungs- und/oder Federungscharakteristik erfolgt, wenn jede der drei in den Schritten 216, 217 und 218 (Fig. 2) bzw. 316, 317 und 318 (Fig. 3) abgefragten Bedingungen erfüllt ist (Signal Y am Eingang von Pos. 219 bzw. 319), durch Zuführung eines Schaltsignals zur Einheit 226 bzw. 327. Diese Ausgestaltung zeichnet sich durch minimalen Aufwand aus, da die mit den Positionen 219 bis 225 (Fig. 2) bzw. 319 bis 325 (Fig. 3) markierten Einheiten überflüssig sind, das zu steuernde/regelnde Federungs- und/oder Dämpfungssystem nur zwei Abstimmungsstufen aufzuweisen braucht und lediglich ein einziger Sensor zur Aufnahme der Einfederbewegungen nötig ist.

Es ist es vorteilhaft, die erfindungsgemäße Einrichtung ganz oder teilweise in das zu steuernde/regelnde Federungs- und/oder Dämpfungssystem zu integrieren. Auf diese Weise ist eine problemlose Umrüstung von bisher konventionellen, d. h. passiven Fahrwerken, möglich, indem man beispielsweise die passiven Dämpferelemente durch aktive ersetzt, die die erfindungsgemäße Einrichtung integriert haben. Solch ein Dämpferelement hat in kompakter Bauweise im Gegensatz zum konventionellen zu ersetzenden Element lediglich einen Anschluß an das elektrische Bordnetz.

Weiterhin kann die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erzeugung eines für die Fahrsicherheit repräsentativen Anzeigesignals benutzt werden. Dieses Anzeigesignal gibt beispielsweise darüber Auskunft, ob eine fahrunsichere Situation vorliegt. So können dann gegebenenfalls über die erfindungsgemäße Steuerung/Regelung des Fahrwerkes hinausgehende Maßnahmen unternommen werden, um die Fahrsicherheit zu erhöhen.

Patentansprüche

1. System zur Erzeugung von Signalen zur Steuerung oder Regelung eines in seinen Bewegungsabläufen steuerbaren oder regelbaren Fahrwerkes eines Personen- und/oder Nutzkraftwagens mit einem Fahrzeugaufbau, wenigstens zwei Radeinheiten und Aufhängungssystemen zwischen Fahrzeugaufbau und Radeinheiten, die die Bewegungen zwischen Radeinheit und Fahrzeugaufbau beeinflussen können, wobei
 - erste Signale (Xar'') ermittelt werden, die die relativen Bewegungen zwischen den Radeinheiten und dem Aufbau des Fahrzeuges (Einfederbewegungen) repräsentieren, und
 - zweite Signale (Xa'') ermittelt werden, die die Bewegungen des Fahrzeugaufbaus repräsentieren, und
 - ausgehend von den ersten und zweiten Signalen auf die Radlastschwankung (P) geschlossen wird.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Signale Xa'' die Beschleunigung des Fahrzeugaufbaus über den Radaufstandspunkten repräsentieren, die zweiten Signale Xar'' die Relativbeschleunigung zwischen Fahrzeugaufbau und jeweils einer Radeinheit (Einfederbeschleunigung) repräsentieren und die ersten und zweiten Signale elektronischen Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten (211, 311) zugeführt werden, in denen die ersten und zweiten Signale gemäß

$$[(M_a + M_r) \cdot X_a''] - [M_r \cdot X_{ar}'']$$

verknüpft werden, wobei mit M_a die Masse des Fahrzeugaufbaues und mit M_r die Masse eines Rades bezeichnet ist, und ausgangsseitig der elektronischen Filtereinheiten und/oder Rechneinheiten (211, 311) das dritte Signal (P) anliegt, das die Radlastschwankung repräsentiert.

3. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ergänzend zu den Radlastschwankungen (P) mögliche Änderungen (P') der Radlastschwankung (P) als Funktion möglicher Änderungen der Fahrwerkcharakteristik vorausberechnet werden, woraufhin durch Abfrage gewisser Kriterien bestimmt wird, ob eine für die Fahrsicherheit kritische Situation vorliegt und ob im Falle einer für die Fahrsicherheit kritischen Situation zur Minimierung der Radlastschwankungen die Fahrwerkcharakteristik zu verstellen ist.

4. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verstellung der Fahrwerkcharakteristik die Federungs- und/oder Dämpfungssysteme wenigstens zweistufig verstellbar sind und die zu steuernden/regelnden Federungs- und/oder Dämpfungssysteme hierdurch wenigstens zwei Federungs- und/oder Dämpfungscharakteristika aufweisen.

5. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß pro Rad-einheit des Fahrzeuges wenigstens ein Meßwertaufnehmer vorgesehen ist, der mittelbar oder unmittelbar den Einfederweg und/oder die Einfedergeschwindigkeit und/oder die Einfederbeschleunigung erfaßt und wenigstens drei Meßwertaufnehmer vorgesehen sind, die die Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugaufbaus an wenigstens drei Stellen des Fahrzeugaufbaus erfassen, wobei die wenigstens drei Stellen nicht auf einer Geraden liegen.

6. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Signale (X_a'') als gewichtete Linearkombinationen der Ausgangssignale der Meßwertaufnehmer zur Erfassung der Vertikalbeschleunigung des Fahrzeugaufbaus gebildet werden.

7. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Radlastschwankung (P) und die mögliche Änderung (P') der Radlast (P) untereinander und/oder mit einzulesenden Größen verknüpft werden und auf ihren Betrag hin analysiert werden und die Ergebnisse der Verknüpfungen und/oder der betragsmäßigen Analyse untereinander und/oder mit einzulesenden Größen verglichen werden und die Ergebnisse der Vergleiche zur Steuerung/Regelung des Federungs- und/oder Dämpfungssystems herangezogen werden.

8. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Fahrwerkabstimmungsparameter wenigstens die Größen P_{gr} und k eingelesen werden und die Größen P , P' und k gemäß den Gleichungen $P \cdot P'$ und $k \cdot |P|$ verknüpft werden und mit den Größen 0 , $|P'|$, P_{gr} und $|P|$ verglichen werden und die Vergleiche im Falle einer momentan eingestellten weicheren Fahrwerkabstimmung gemäß den ersten drei Aussagegleichungen

$$\begin{aligned} |P| &> P_{gr} \\ P \cdot P' &< 0 \\ |P'| &> k \cdot |P| \end{aligned}$$

getätigt werden oder die Vergleiche im Falle einer momentan eingestellten härteren Fahrwerkabstimmung gemäß den zweiten drei Aussagegleichungen

$$\begin{aligned} |P| &> P_{gr} \\ P \cdot P' &> 0 \\ |P'| &> k \cdot |P| \end{aligned}$$

getätigt werden und diese Vergleiche in Zeitintervallen, deren Längen wählbar sind, getätigt werden und zwei sich unterscheidende Werte Y und N auftreten, je nachdem, ob jede der ersten oder zweiten drei Aussagegleichungen erfüllt (Wert Y) oder eine der ersten oder zweiten drei Aussagegleichungen nicht erfüllt (Wert N) ist und die Werte Y und N gezählt werden und die Anzahl der gezählten Werte $A(Y)$ und $A(N)$ mit Sollwerten wie die Summe $A(Y) + A(N)$ und/oder die Werte $A(Y)$ und $A(N)$ selbst und/oder daraus abgeleitete Größen, insbesondere unter Berücksichtigung von den Fahrzustand beeinflussenden Größen, verglichen werden und bei Überschreitung von $A(Y)$ oder $A(N)$ über die Sollwerte eine Umschaltung des zu steuernden/regelnden Federungs- und/oder Dämpfungssystems erfolgt.

9. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrwerkabstimmungsparameter für das zu steuernde/regelnde Federungs- und/oder Dämpfungssystem konstante Werte annehmen und/oder von den Fahrzustand beeinflussenden Größen wie Fahrgeschwindigkeit, Fahrzeughängs- und/oder Fahrzeugquerbeschleunigung und/oder Umgebungstemperatur abhängig sind.

10. System nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
— im Falle der Erfassung des Signals ($X_a - X_r$), das den Einfederweg repräsentiert, der "entmittelte" Federweg (X_{ar}) aus dem Signal ($X_a - X_r$) durch Subtraktion des laufenden Mittelwertes des Signals ($X_a - X_r$) zu

$$X_{ar}(t) = \{X_a(t) - X_r(t)\} - \left\{ \frac{1}{T_m} \int_{t-T_m}^t [X_a(r) - X_r(r)] dr \right\} \quad (3)$$

gebildet wird, wobei T_m ein Abstimmungsparameter und t der aktuelle Zeitpunkt ist, und aus dem "entmittelten" Federweg (X_{ar}) die ersten Signale (X_{ar}'') durch Differentiation und/oder durch Tiefpaß-

filterung erlangt werden und

— die Empfindlichkeit $\partial P/\partial d$ der Radlastschwankung bezüglich der Dämpfungskonstanten d durch die Übertragungsfunktion

$$-(Ma \cdot Cr \cdot s^3)/D(s)$$

5

und oder die Empfindlichkeit $\partial P/\partial C$ der Radlastschwankung bezüglich der Federsteifigkeit C durch die Übertragungsfunktion

$$-(Ma \cdot Cr \cdot s^2)/D(s)$$

10

bestimmt wird, wobei s die Laplace-Variable und

$$D(s) = C \cdot Cr + Cr \cdot d \cdot s + (C \cdot Mr + (C + Cr) \cdot Ma) \cdot s^2 + (Ma + Mr) \cdot d \cdot s^3 + Ma \cdot Mr \cdot s^4$$

15

und C , Cr Federsteifigkeiten, Ma die Masse des Fahrzeugaufbaues, Mr die Masse des Rades und d die Dämpfungskonstante ist, und/oder

— im Falle der Erfassung des Signals $(Xa' - Xr')$, das die Einfedergeschwindigkeit repräsentiert, aus dem zugehörigen "entmittelten" Signal Xar' die Radlastschwankung P gemäß der Übertragungsfunktion

20

$$-[1/s] \cdot [(1 + Mr/Ma) \cdot C + (1 + Mr/Ma) \cdot d \cdot s + Mr \cdot s^2],$$

die Empfindlichkeit $\partial P/\partial d$ der Radlastschwankung bezüglich der Dämpfungskonstanten d durch die Übertragungsfunktion

25

$$[(Ma \cdot Cr \cdot s^2)/D(s)]$$

und/oder die Empfindlichkeit $\partial P/\partial C$ der Radlastschwankung bezüglich der Federsteifigkeit C durch die Übertragungsfunktion

30

$$-[(Ma \cdot Cr \cdot s)/D(s)]$$

bestimmt werden, wobei s die Laplace-Variable und

35

$$D(s) = C \cdot Cr + Cr \cdot d \cdot s + (C \cdot Mr + (C + Cr) \cdot Ma) \cdot s^2 + (Ma + Mr) \cdot d \cdot s^3 + Ma \cdot Mr \cdot s^4$$

und C , Cr Federsteifigkeiten, Ma die Masse des Fahrzeugaufbaues, Mr die Masse des Rades und d die Dämpfungskonstante ist, und/oder

— im Falle der Erfassung des Signals $(Xa'' - Xr'')$, das die Einfederbeschleunigung repräsentiert, aus dem zugehörigen "entmittelten" Signal Xar'' die Radlastschwankung P gemäß der Übertragungsfunktion

40

$$-[1/s^2] \cdot [(1 + Mr/Ma) \cdot C + (1 + Mr/Ma) \cdot d \cdot s + Mr \cdot s^2],$$

45

die Empfindlichkeit $\partial P/\partial d$ der Radlastschwankung bezüglich der Dämpfungskonstanten d durch die Übertragungsfunktion

$$-[(Ma \cdot Cr \cdot s)/D(s)]$$

50

und/oder die Empfindlichkeit $\partial P/\partial C$ der Radlastschwankung bezüglich der Federsteifigkeit C durch die Übertragungsfunktion

$$-[(Ma \cdot Cr)/D(s)]$$

55

bestimmt werden, wobei s die Laplace-Variable und

$$D(s) = C \cdot Cr + Cr \cdot d \cdot s + (C \cdot Mr + (C + Cr) \cdot Ma) \cdot s^2 + (Ma + Mr) \cdot d \cdot s^3 + Ma \cdot Mr \cdot s^4$$

und C , Cr Federsteifigkeiten, Ma die Masse des Fahrzeugaufbaues, Mr die Masse des Rades und d die Dämpfungskonstante ist.

60

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

65

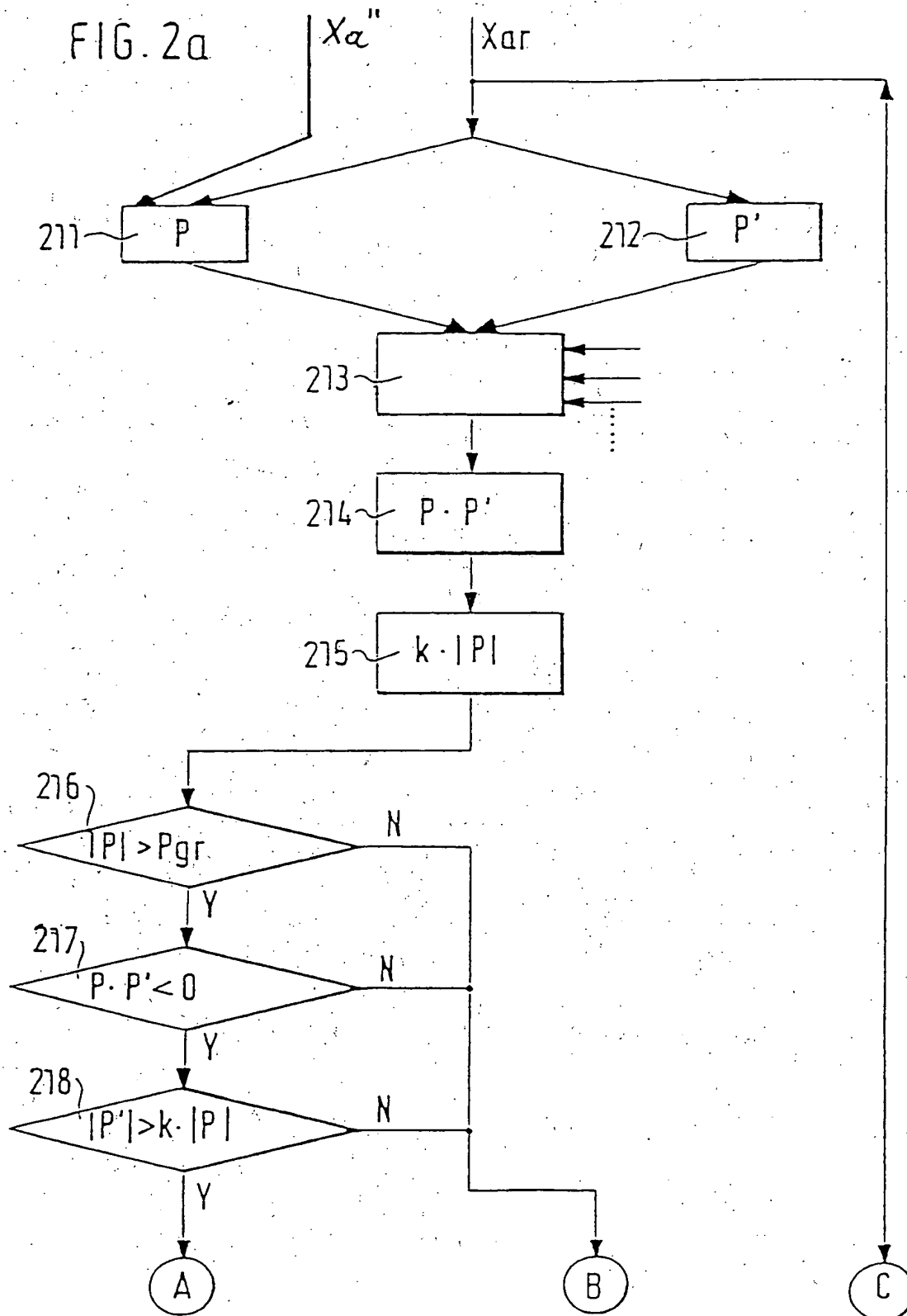
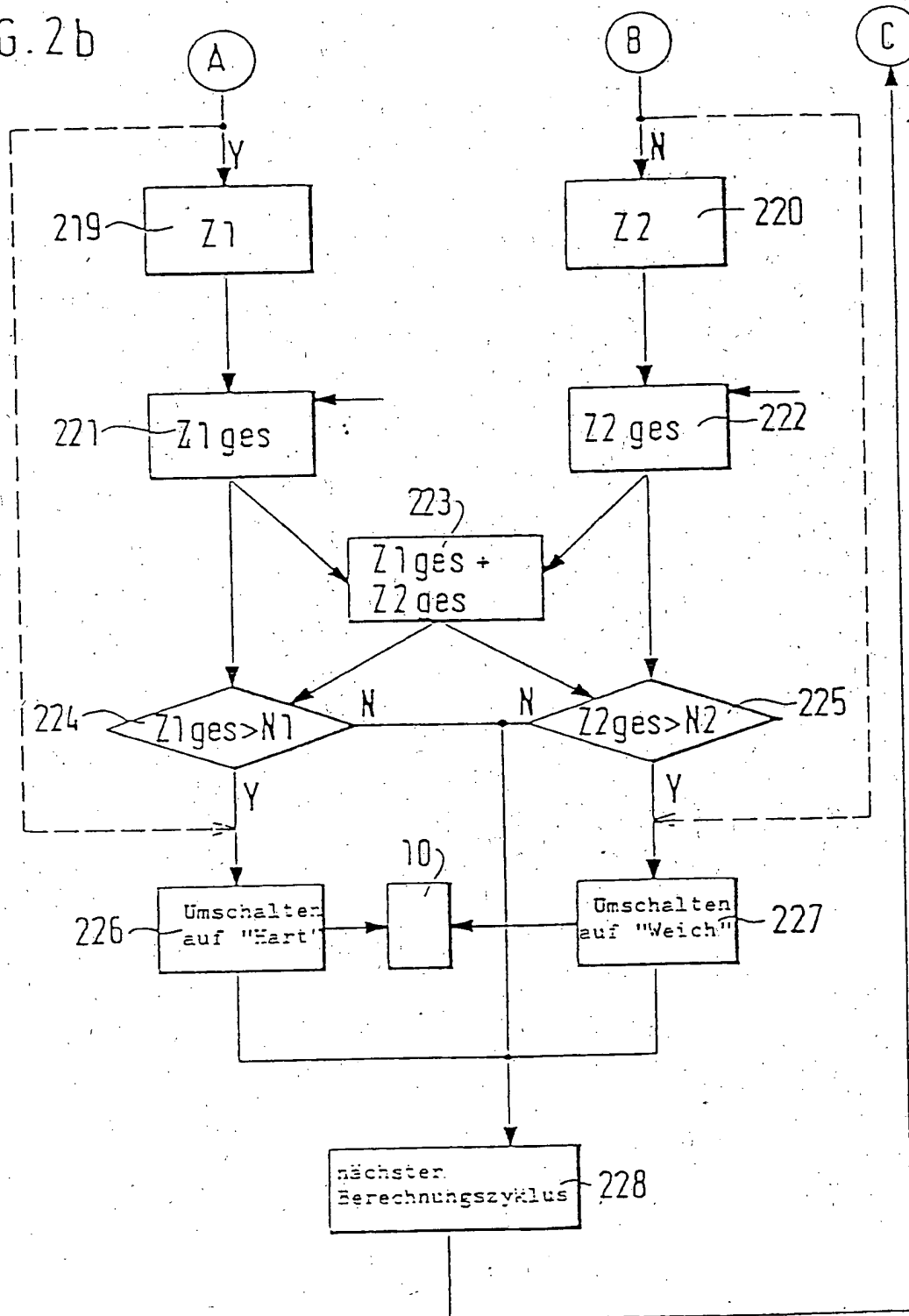


FIG. 2b



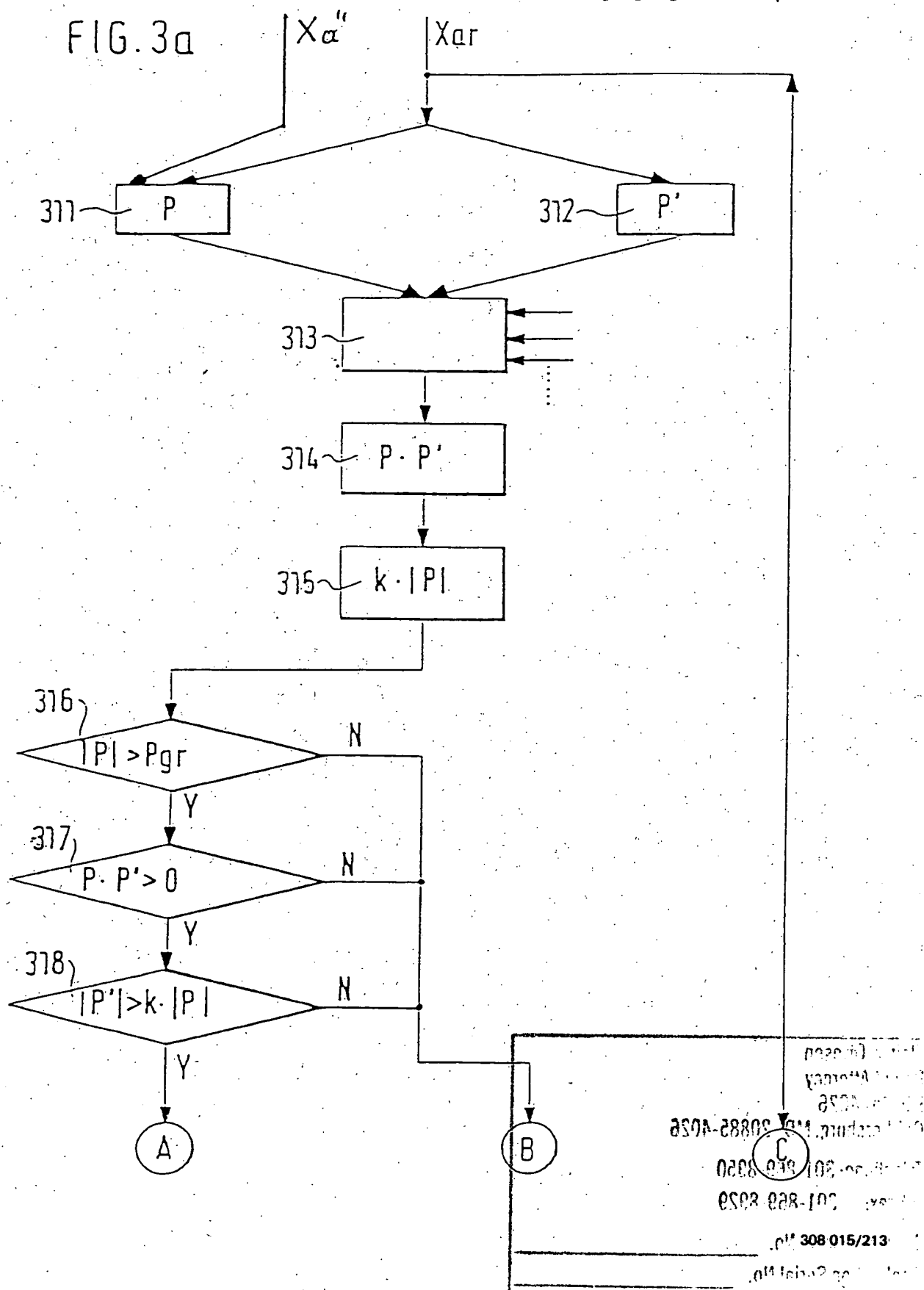
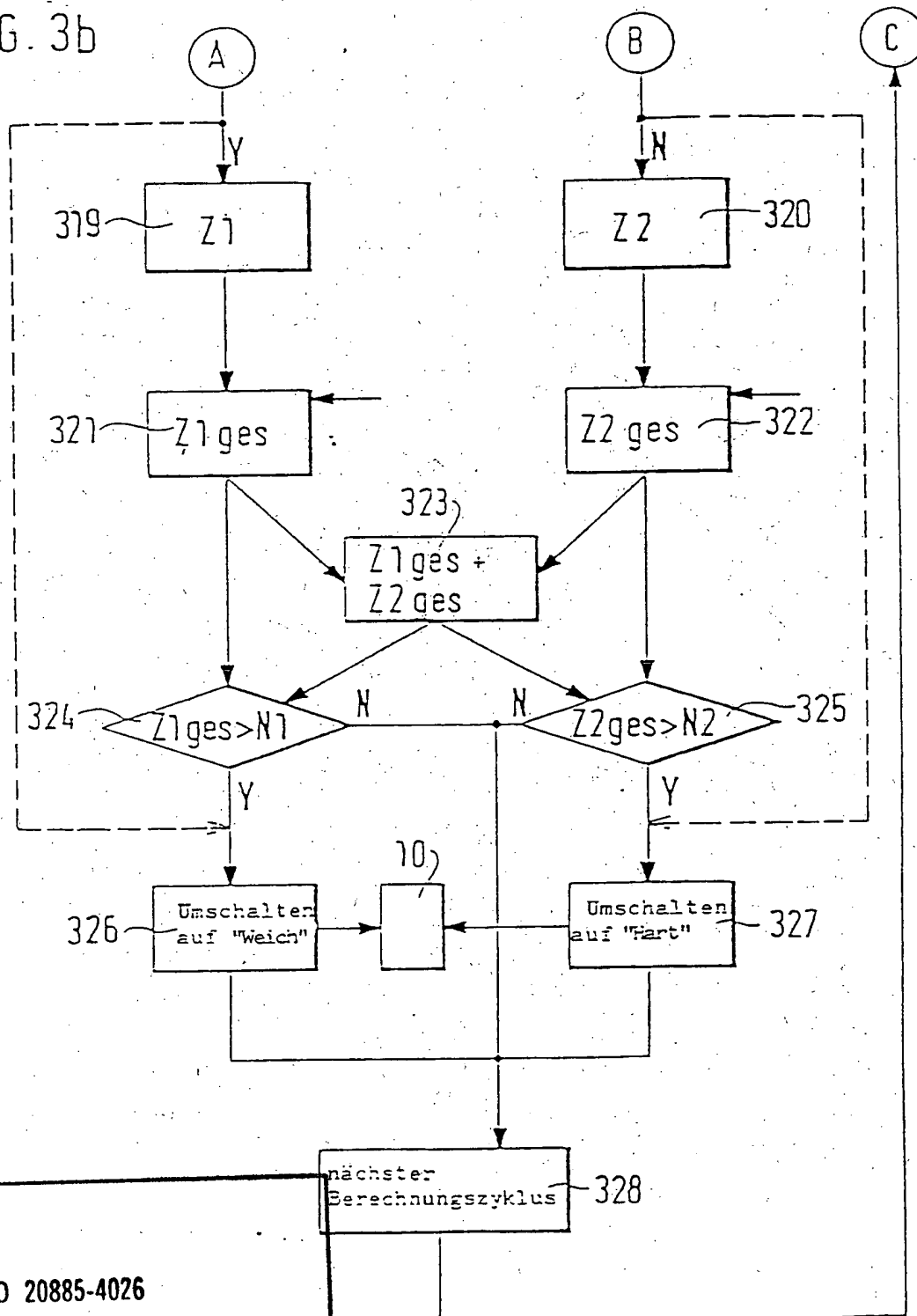


FIG. 3b



Walter Ottesen
Patent Attorney
P.O. Box 4026
Gaithersburg, MD 20885-4026

Telephone: 301-869-8950

Telefax: 301-869-8929

Attorney Docket No. 203-036

Application Serial No.